

논문 2015-52-3-7

3GPP LTE-A 시스템 기반 사용자 특성에 따른 효율적 Random Access 과부하 제어 기술 및 M2M 그룹화

(Efficient Congestion Control Technique of Random Access and
Grouping for M2M according to User Type on 3GPP LTE-A systems)

김 정 현*, 지 순 배*, 유 철 우**

(Junghyun Kim, Soonbae Ji, and Cheolwoo You[Ⓢ])

요 약

본 논문은 3rd Generation Partnership Project(3GPP) Long Term Evolution-Advanced(LTE-A) 시스템을 기반으로 소량의 데이터를 송수신하는 M2M 기기가 무수히 존재하는 상황에서 발생할 수 있는 문제점을 고찰하고 이를 해결하기 위한 기술을 제시한다. 특별히, 무수히 존재하는 M2M 기기들로 인한 랜덤 액세스 채널의 부족과 이로 인한 지연(latency) 증가 문제를 해결하기 위해 M2M 그룹화 기술에 사용자 특성별로 구별하여 허용 가능한 액세스 시도 확률을 차별적으로 제어한다. M2M 기기를 그룹화 하여 PRACH(Physical Random Access CHannel)의 랜덤 액세스(Random Access)를 시도하는 단말 수를 감소시키는 효과를 획득함과 동시에 셀룰러(Cellular) 통신을 하는 단말기와의 충돌을 줄임으로써, 기존 이동 통신 단말과 M2M 기기가 공존하는 시스템의 랜덤 액세스 평균 지연(average latency) 증가 문제를 해결할 수 있음을 실험을 통해 증명한다.

Abstract

This paper studies how to solve a problem caused by M2M terminals sending a few data based on 3rd Generation Partnership Project(3GPP) Long Term Evolution-Advanced(LTE-A) system and then it is analyzed, proposed, and introduced into the techniques. Especially, it is introduced solution for the lack of Random Access Channel and an increasing number of latency caused by countless M2M devices. It is proposed the technology for M2M grouping as well as allowable access probability according to user type. As it decreases the number of terminal by grouping M2M devices to try random access at PRACH, it can be reduced collision between Cellular users and M2M devices. So, it is proved that the proposed mechanism can solve the increasing average latency of random access on system coexisting Cellular users and M2M devices through simulations.

Keywords : Machine-to-Machine(M2M), PRACH, Grouping MTC machines, Congestion control.

* 학생회원, ** 정회원, 명지대학교 정보통신공학과
(Department of Information and Communications
Engineering, Myongji University)

Ⓢ Corresponding Author(E-mail: cwyoo@mju.ac.kr)

※ 본 연구는 국방과학연구소 미래 지상체계분석 특화 연구실(UC130068ID)의 지원으로 수행되었습니다. 또한, 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발 사업의 일환으로 수행하였음[14-000-04-001, 초연결 스마트 모바일 서비스를 위한 5G 이동통신 핵심기술 개발].

Received ; January 2, 2015 Revised ; January 11, 2015

Accepted ; February 26, 2015

I. 서 론

Machine-to-Machine(이하 M2M) 통신은 하나 또는 여러 개의 독립체들로 구성되어 통신하는 과정에서 인간의 개입을 요구하지 않고 스스로 결정을 내리는 데이터 통신의 일종이다^[1]. 여러 개의 새로운 장비들과 물품들은 Machine Type Communications(MTC) 개념으로 대체되며, 건강관리 서비스, 원격 응용 기술, 신속한 처

리, 스마트 그리드, 그리고 스마트 미터 등까지 MTC 범위에 포함된다^[2]. 저전력, 저가, 그리고 인간의 개입이 거의 없는 특징을 가진 M2M 통신은 전력, 계산, 저장, 그리고 대역폭 면에서 여러 제약 조건들을 가져온다. 이러한 제약 때문에 항상 전력, 신뢰성, 융통성 사이에 trade-off가 발생한다^[3].

MTC 장비들이 예상 못할 속도로 급격히 증가하여 셀룰러 사용자들의 셀 영역을 침범하고 있다. 그로 인해 나타나는 문제들을 간단하게 열거해보면; 셀룰러 사용자의 데이터 트래픽 감소, PRACH 과부하, 충돌 횟수 증가, 접속 지연, 평균 지연 급증 등등이 있다. MTC의 수가 점점 증가할수록 PRACH 충돌 및 지연(latency)으로 더 많은 과부하가 발생한다. 그렇기 때문에 랜덤 액세스 채널 부분에 관한 여러 기술들이 연구되어오고 있다^[4].

액세스를 시도하는 MTC 수를 그룹 기반으로 줄여서 시간상 제어함으로써 평균 지연(average latency)을 완화시킬 수 있다^[5]. 또 다른 연구에서는, 한 셀 당 평균 그룹 사이즈를 설계하고 그것마다 랜덤 액세스 기회를 예약된 시간으로 정해줘서 결과를 얻어낸다^[6]. 하지만 다양한 분야에서 MTC 장비들이 급속도로 증가하고 있기 때문에 예약된 자원으로는 그 한계점들을 극복하기는 어렵다. MTC 그룹들의 전송 시간을 제어하는 메커니즘을 적용하여 충돌 및 지연 시간을 줄였을지라도, 그룹마다 액세스하는 프레임 기간이 길어지는 만큼 평균 지연도 증가하게 되기 때문이다^[7].

이미 언급한 랜덤 액세스 과정에서 나타나는 문제들을 해결하기 위해 본 논문에서는 MTC 그룹화 시나리오와 차별적인 제어 방식을 제안한다. 서로 다른 특성을 가진 사용자들을 구별하여 액세스 시도를 허용하는 확률을 차별적으로 적용시킬 것이다. MTC 그룹화를 제안한 다른 연구들도 많지만, 셀룰러 사용자의 평균 지연을 고려했을 때 사용자 특성 별로 더욱 구체적인 제안을 할 필요가 있다. 한 셀 내에 사용자 수가 셀룰러보다 MTC가 더 많기 때문에 MTC가 시도할 수 있는 액세스 확률을 셀룰러보다 적게 제한시킬 것이다. Poisson Distribution(이하 포아송 분포)을 토대로 셀룰러 사용자 수를 정의하여 구체적인 가정 조건들을 적용시켜 실험할 예정이다. 결국 과부하(overload)로 인한 평균 지연이 완화될 거라는 결과를 예상해본다.

본 논문은 총 다섯 부분으로 구성되는데 I 장에서 서

론을 언급하고 그 다음으로 연구 핵심 주제인 PRACH에 대한 배경이론을 설명한다. III장에서는 MTC 그룹화 시나리오와 서로 다른 특성을 가진 사용자들을 고려한 액세스 제어 방식들을 제안한다. 실험을 뒷받침하기 위해 IV장에서 몇 가지 가정들을 먼저 설명한다. 실험 결과 그래프들을 통해 모든 사용자들의 평균 지연이 완화됨을 입증한다. 마지막으로, 결론을 내리면서 본 논문을 마친다.

II. Physical Random Access Channel (PRACH)의 형식 및 절차

먼저 LTE-A에 정의된 PRACH의 두 가지 다른 형식을 살펴보고자 한다. 첫 번째는, 경쟁 기반 랜덤 액세스 절차로 채널 접속을 위해 경쟁하는 장비들로 구성된다. 본 액세스 형식은 장비들 간에 충돌이 발생할 수 있기 때문에 지연 및 허용 액세스 요청으로 예약된다. 두 번째는, 기지국이 특별한 액세스 자원요청을 하기위해 해당 자원들을 허용하는 비경쟁 기반 랜덤 액세스 절차로서 매우 높은 액세스 성공 확률을 가져온다. 본 논문에서는 경쟁 기반 랜덤 액세스 절차에서 발생하는 과부하를 제어하는 데에 목적을 두고 있다. 그리하여 살펴 보게 될 경쟁 기반 랜덤 액세스 절차는 사용자 단말기(User Equipment, UE)와 기지국 간에 총 4가지 메시지를 주고받는 과정을 거친다^[8]. 그림 1을 보면, 3GPP LTE-A에서의 랜덤 액세스 절차를 간략하게 요약하였다. 먼저, 사용자 단말기는 루트 인덱스(root index)와 PRACH 설정 인덱스(configuration index)를 기지국으로부터 수신한다. 각 셀은 Zadoff-Chu(ZC) 시퀀스에 의해 정의된 64개의 랜덤 액세스 프리앰블을 가진다^[9, 11]. 사용자 단말기가 최대 64 프리앰블 시퀀스 중에 랜덤하게 하나의 시퀀스를 선택하여 PRACH를 통해서 기지국으로 랜덤 액세스 프리앰블을 전송한다. PRACH 설정 인덱스는 랜덤 액세스 프리앰블의 전송이 가능한 특정 서브프레임과 프리앰블 포맷을 의미한다^[9, 11]. 두 개 이상의 사용자 단말기들이 동일한 프리앰블 시퀀스를 선택하고 그 시퀀스들을 동시에 전송했을 때 기지국에서 충돌이 발생하면 상대적으로 짧은 길이의 랜덤 액세스 프리앰블을 전송할 수 있다. 또한, 프리앰블 전송은 불충분한 전송전력 때문에도 실패할 수 있다. 만약 하나의 프리앰블이 정확하게 수신되면, 기지국(eNodeB)

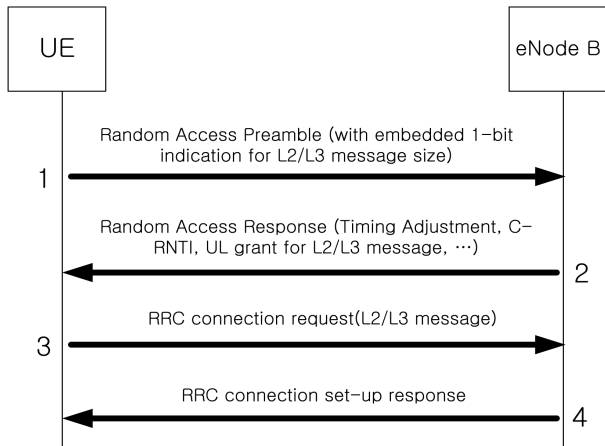


그림 1. 3GPP LTE-A 기반 경쟁 기반 랜덤 액세스 과정

Fig. 1. Contention based random access procedure on 3GPP LTE-A.

은 응답 윈도우기간 동안에 랜덤 액세스 응답(Random Access Response, RAR)에 의해 수신됨을 인지하게 된다. 기지국은 어떤 사용자 단말기가 어떤 프리앰블을 전송했는지 정립할 필요가 있기 때문에, 충돌 해결 절차가 요구된다. 랜덤 액세스 응답 처리 시간이 지나면, 사용자 단말기는 RRC connection 요청 메시지를 Physical Uplink Shared Channel(PUSCH)를 통해서 전송하게 된다. 기지국으로부터 RRC connection set-up 응답 메시지를 성공적으로 수신하게 되면 랜덤 액세스 절차는 마무리된다^[14].

III. 랜덤 액세스 과부하 제어를 위한 제안

1. MTC 그룹화

본 제안에서는 MTC 그룹화로 모든 MTC가 아닌 단 하나의 MTC가 각 그룹을 대표하는 그룹리더(GL)로써 랜덤 액세스를 시도하게 된다. 그림 2를 보면, 랜덤 액세스를 하는 주체가 무수히 많은 MTC에서 그룹화를 통해 선출된 각 그룹별 GL들로 간단하게 정리된다. i 개의 MTC들로 구성된 j 번째 M2M_group은 $G_j \ni \{\forall m \in N_m \mid m_{0,j}, \dots, m_{i,j}\}$ 와 같다. 또한, G_j 는 프레임 T_f (Time slot at frequency)마다 j 번째 그룹에 속하는 하나의 그룹리더 $m_{1,j}$ 를 임의로 선출한다. 단, 그룹리더는 해당 프레임에서 랜덤 액세스를 시도해야한다. T_f 에서 τ 개의 $m_{1,j}$ 가 랜덤 액세스를 시도할 확률은 다음 식과 같이 정의된다.

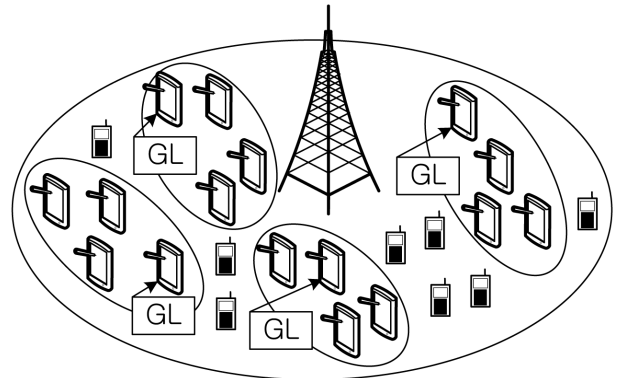


그림 2. 셀룰러 사용자들과 M2M 그룹들에 대한 구성 (GL: Group Leader)

Fig. 2. Configuration of cellular users and M2M groups (GL: Group Leader).

$$\Pr[m = m_{1,j} \mid m \in G_j] = \frac{1}{\tau} \tag{1}$$

즉, 무수히 많은 MTC 사용자들이 랜덤 액세스를 하지 않고 단 하나의 그룹리더가 대표로 랜덤 액세스를 시도함으로써, 랜덤 액세스를 시도하는 사용자 수를 줄여 셀 내 경쟁도 감소시키면서 동시에 지연도 완화시키는 결과를 가져온다. 또한, 그룹리더는 그룹 내 MTC 사용자들에 대한 정보를 모두 알고 있어야 한다. 기지국이 페이징(paging)해줌으로써 그룹리더들은 필요한 정보를 얻을 수 있다^[6~7].

2. 사용자 특성에 따른 제어 방식

본 절에서는 동일한 셀 내에 서로 다른 특성을 가진 두 부류의 사용자들에 대한 차이점을 고려한 제어 방식을 제안한다. 첫 번째로, 한 셀 내에서 액세스할 수 있는 확률을 사용자 특성별로 차별해야한다. 셀룰러는 총 N_c 개로 $C \ni \{\forall c \in N_c \mid c_{0,\dots}, c_{N_c}\}$ 이며, MTC는 총 N_m 개로 $M \ni \{\forall m \in N_m \mid m_{0,\dots}, m_{N_m}\}$ 이다. 셀룰러는 포아송 분포를 가지지만, 셀룰러와 MTC가 공존할 때의 분포에 대한 뚜렷한 정의가 내려지지 않았다^[10]. 그래서 두 사용자가 공존할 때 포아송 분포에 근접하도록 가정한다. 총 N_c 개 중 해당 T_f 에서 액세스할 셀룰러의 확률 α_c 와 총 N_m 개 중 해당 T_f 에서 액세스할 MTC의 확률 α_m 이 각각 3% 일 때 $A_c(\alpha_c) = A_m(\alpha_m) = 1$ 을 가지도록 가정한다. 여기서 1은 사용자가 T_f 에서 액세스 시도 성공을 의미한다.

$$A_c(\alpha_c) = \begin{cases} 1 & \text{if } \alpha_c \leq 3\%, \text{ for cellular} \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (2)$$

$$A_m(\alpha_m) = \begin{cases} 1 & \text{if } \alpha_m \leq 3\%, \text{ for MTC} \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (3)$$

그러나 MTC들을 M2M_group으로 그룹화를 제안하였고, 해당 그룹에 속한 멤버 중 임의로 선택된 $m_{1,j}$ 가 액세스를 시도한다. 또한, 사용자간 특성에 따라 차별적 제어를 하기 위해 M2M_group의 $m_{1,j}$ 는 아래 식처럼 총 j 개의 $m_{1,j}$ 가 액세스할 확률이 2%이하일 때 성공할 수 있는 확률이 제안된다.

$$A_{m_{1,j}}(\alpha_{m_{1,j}}) = \begin{cases} 1 & \text{if } \alpha_{m_{1,j}} \leq 2\%, \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (4)$$

두 번째로는, 재시도할 경우에 백오프 인덱스(back-off index, BI) 할당으로 셀룰러와 MTC 간 딜레이(delay) 구간 차를 만들어야 한다. 지연 시간을 제어해줌으로써 재충돌할 확률을 줄일 수 있다. 할당 가능한 BI에 대한 조건들은 [9]의 표 7.2-1상에 주어진 백오프 파라미터 값(Back-off Parameter values)에 의해 결정된다. 그러나 셀룰러가 더 많은 액세스 시도 기회를 가져갈 수 있도록 셀룰러와 MTC의 BI 값을 서로 다르게 제안한다. c' 은 $\{\forall c \in N_c\}$ 중에서 액세스 시도를 성공하여 $A_c(\alpha_c)=1$ 을 가지는 셀룰러 사용자를 의미한다. 서로 다른 사용자가 T_f 에서 동일한 PRACH로 충돌하면, c' 는 $BI_{c'}=(9)$ 그리고 $m_{1,j}$ 는 $BI_{c'}$ 보다 훨씬 긴 $BI_{m_{1,j}}=(10)$ 를 할당받는다. 결국 사용자 특성에 따라 구별하여 지연 시간을 제어함으로써 c' 이 더 잦은 재시도 기회를 제공받을 수 있다.

3. 사용자 특성에 따라 제어된 PRACH 절차

PRACH 지연 및 과부하 해결과 평균 지연 완화를 위해 MTC 그룹화뿐만 아니라 사용자 특성에 따라 차별적 제어 방식이 적용된 셀룰러와 M2M_group들의 랜덤 액세스 절차도 제안한다. 하나의 시나리오를 예로 들어서 제안된 PRACH 절차를 구체적으로 설명하면 다음과 같다. 그림 3을 보면, 250명의 MTC 사용자들이 25명 단위로 그룹화된 10개의 M2M_group들, 그리고 50명의 셀룰러 사용자들의 특성별로 구별하여 액세스 시도 확률을 서로 다르게 제어한 랜덤 액세스 과정이다. M2M_group들의 각 GL들은 매 T_f 마다 PRACH로

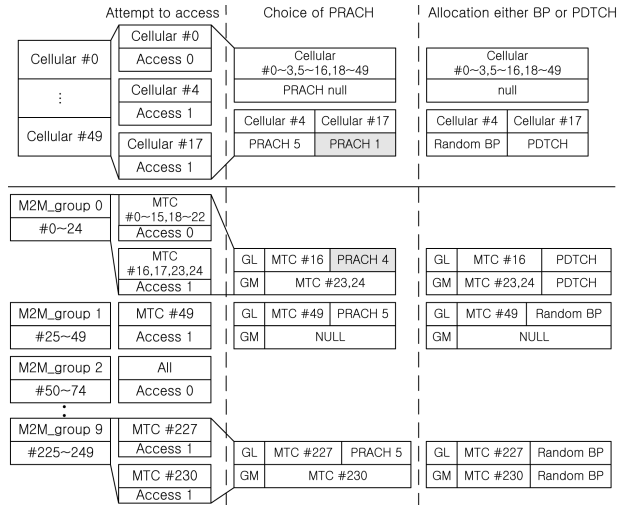


그림 3. 50명 셀룰러 사용자와 10명 M2M 그룹 리더(GL)의 제안된 PRACH 절차

Fig. 3. The proposed PRACH procedure of 50 cellular users and 10 M2M group leader(GL)s.

액세스를 시도하려는 GM들이 존재할 때에만 그룹 대표로 액세스 시도를 할 수 있다. 결국 250명의 MTC 사용자들 중 최대 10명의 GL들과 50명의 셀룰러 사용자들이 경쟁하게 된다. 할당 가능한 PRACH에 대한 조건들은 [9]에 표 7.3-1의 PRACH Mask Index values에 의해 결정되어진다. MTC #0부터 #24까지 총 25명의 GM으로 구성된 M2M_group 0에서 MTC #16, 17, 23, 24가 액세스 시도를 원하기 때문에 그들 중 MTC #16이 임의로 선택된 GL으로써 액세스 시도를 성공하고 6개 중에 PRACH 4를 선택한다. 다음 $P_X(x)$ 식은 액세스 시도를 성공한 셀룰러 사용자들 $\{c'\}$ 과 그룹 대표로 액세스 시도를 성공한 GL들 $\{m_{1,j}\}$ 가 6개의 PRACH 중 1개를 임의로 선택하는 확률을 나타낸다.

$$P_X(x) = \begin{cases} \frac{1}{6} & \text{if } x \in \{c'\}, \{m_{1,j}\} \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (5)$$

GL 16이 그룹대표로 PRACH을 할당받는 걸 성공하면 M2M_group 0에서 액세스 시도하려는 GM들은 다른 셀룰러 및 MTC 사용자들과 경쟁이나 충돌을 하지 않고도 데이터 전송을 위한 서로 다른 PDTCH를 할당받을 수 있다. 단 셀룰러 #4, GL MTC #49, 그리고 GL MTC #227가 모두 동일한 PRACH 5를 선택하여 충돌이 발생하게 될 경우에는, 사용자 특성에 따라 제안된 지연 시간 제어 방식이 적용된다. c' 는 $BI_{c'}=(9)$ 그리고 $m_{1,j}$ 는 $BI_{c'}$ 보다 훨씬 긴 $BI_{m_{1,j}}=(10)$ 를 할당받는다.

서로 다르게 제어해줌으로써 충돌 확률을 감소시킬 뿐만 아니라 셀룰러에게 더 잦은 재시도 기회를 제공한다. 또한 셀룰러 사용자들의 경쟁자는 모든 GM이 아닌 각 M2M_group의 GL이지만, 지연 결과에는 GL뿐만 아니라 GM까지도 고려되어야 한다. 다음 식을 통해 셀룰러와 MTC를 위한 평균 지연에 대해 정의한다. c'_s 는 $\{c\}$ 중에서 PRACH 접속을 성공한 셀룰러 개수를 나타낸다. 또한, $m_{l,j,s}$ 는 액세스를 시도하는 그룹리더들 $\{m_{l,j}\}$ 중에서 PRACH 접속을 성공한 그룹리더 개수를 나타낸다.

$$latency_{c,m} = \frac{1}{c'_s} \left\{ \sum_{n=0}^{N_c} \frac{(T_{c,f,S} + T_{c,f,D})}{c_n} \right\} + \frac{1}{m_{l,j,s}} \left\{ \sum_{n=0}^{N_m} \frac{(T_{m,f,S} + T_{m,f,D})}{m_n} \right\} \quad (6)$$

여기서, $T_{c,f,S}$ 와 $T_{c,f,D}$ 는 셀룰러 사용자들이 T_f 에서 성공한 횟수와 충돌한 횟수를 의미하며, $T_{m,f,S}$ 와 $T_{m,f,D}$ 는 MTC들이 T_f 에서 성공한 횟수와 충돌한 횟수를 의미한다. 그리고 셀룰러 사용자들과 GL들 간뿐만 아니라 서로 다른 GL들 간 경쟁도 충분히 가능하다. 서로 다른 셀룰러 사용자들 간 경쟁도 또한 가능하다. 각 그룹의 GL들은 다른 그룹의 GL들과 충돌할 때, GM 개수가 아닌 GL 개수로 간주되어 실제 랜덤 액세스 경쟁할 사용자 수를 줄인다.

IV. 시뮬레이션 가정 및 결과

1. 시뮬레이션을 위한 가정들

본 논문은 신뢰할만한 시뮬레이션 결과를 도출하기 위해 여러 가정들을 포함한다. 모든 시뮬레이션들은 업링크 프레임 구간을 10^8 ms로 설정한다. 충분한 데이터를 얻을 수 있기 때문에 그 결과에 대한 타당성을 가진다. 실험할 셀룰러 수는 50명으로 고정시키고, MTC 수는 50간격으로 50명부터 250명까지로 설정해줌으로써 한 셀 내에 급격히 증가하는 MTC들로 인한 셀룰러의 지연 변화를 시뮬레이션 결과를 통해 확인할 수 있다. 포아송 분포와 근접한 결과를 얻기 위해 액세스 시도 확률을 임의로 가정한다. 셀룰러 사용자들에게는 3%, MTC 사용자들에게 2%로 서로 다르게 제안함으로써 수적으로 불리한 셀룰러 사용자들에게 더 많은 액세스 기회를 부여해준다. PRACH 파라미터 값은 3GPP 표준

을 따라 정의된다^[11~12]. 그리고 소량의 데이터를 송수신하고 이동량이 적고 비주기적인 특성을 가지는 MTC들을 가정에 두고 있기 때문에 각 셀 내에 근접한 MTC들 간에 고정된 그룹들이 존재하며, 그룹들마다 그룹리더가 정의된다^[11].

2. 시뮬레이션 결과

그림 4는 [11]에 정의된 백오프 파라미터 값을 가지고 적절한 파라미터 값을 도출하기 위해 다양한 셀룰러 사용자 개수에 따른 평균 지연 결과를 나타낸다. 셀룰러 통신의 포아송 분포에 근접한 결과를 찾기 위해 [13]의 결과 그래프와 비교한다. BI 1, 2, 3와 같은 작은 파라미터를 할당했을 때에는 너무 큰 평균 지연 결과를

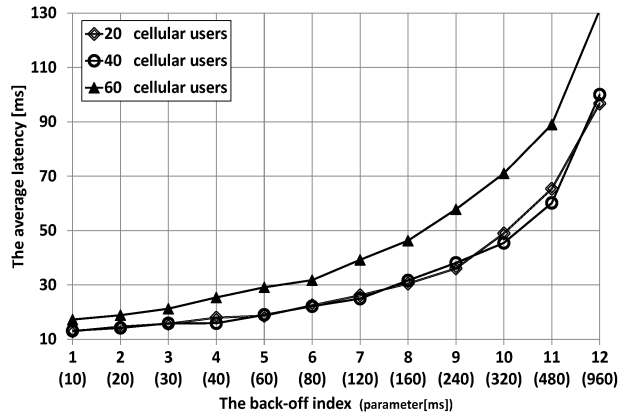


그림 4. 백오프에 따른 셀룰러 사용자들의 평균 지연 결과 그래프
Fig. 4. The average latency results of cellular users depending on back-off parameters.

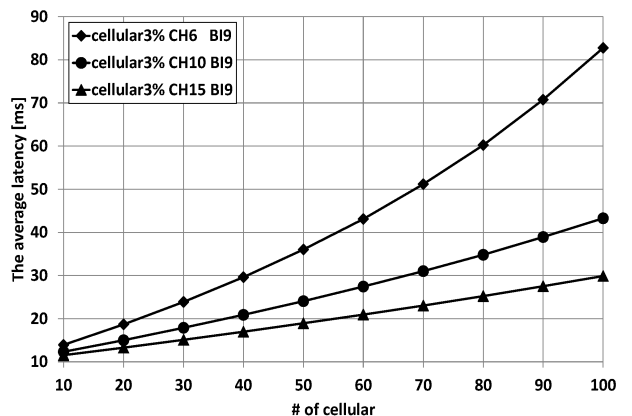


그림 5. 여러 가정 조건들로 시뮬레이션한 셀룰러 사용자들의 평균 지연 결과 그래프
Fig. 5. The average latency results to do experiment various assumptions of cellular users.

가져왔다. 또한, BI 10, 11, 12와 같은 큰 파라미터를 할당했을 때에는 평균 지연 결과가 급속도로 악화된다. 낮은 재전송률로 충돌이 줄어들었는지라도 지연 프레임 주기가 그만큼 길어지기 때문이다. 결국, 평균 지연 결과는 BI 할당 범위에 따라 trade-off 면을 지닌다. 그림 4를 [13]과 비교했을 때, 충돌 시 50명의 셀룰러 사용자들에게 할당될 백오프 파라미터 값으로 BI 9가 적절하다고 판단되므로, 모든 시뮬레이션에 동일하게 적용하였다.

그림 5는 셀룰러 사용자에게 대한 액세스 시도 확률과 PRACH 할당 개수를 여러 조건으로 적용하여 얻어낸 평균 지연 결과 그래프이다. [13]의 결과 그래프와 비교했을 때, 셀룰러의 액세스 확률은 3%일 때 포아송 분포에 근접하다고 판단된다. 또한, MTC 사용자들에 대한 액세스 확률은 2%로 더 적게 설정한다. 셀룰러 사용자에게 할당될 PRACH 개수는 [9]에 PRACH Mask index values에 따라서 6개 PRACH로 선택되었다^{[11],[12]}.

그림 6은 사용자 특성에 따라 액세스 시도 확률 및 할당될 BI를 서로 다르게 제어했을 때 나타나는 평균 지연 결과 그래프이다. 그림 5에서 얻은 50명 셀룰러 사용자에게 대한 평균 지연 결과를 “conventional” 값으로 정한다. 다시 말하면, “conventional”의 조건은 50명의 셀룰러 사용자가 3%의 액세스 시도 확률을 가지며 충돌 시에는 BI 9를 할당받는다. 이 때, 무수히 많은 MTC 사용자가 더해져 PRACH 과부하로 셀룰러 사용자의 평균 지연이 급증한다. 그 값을 완화시키기 위해 제안한 방식들을 적용한다. 그림 6을 보면, 셀룰러와 MTC가 모두 3%의 액세스 시도 확률을 가지며 BI 9을

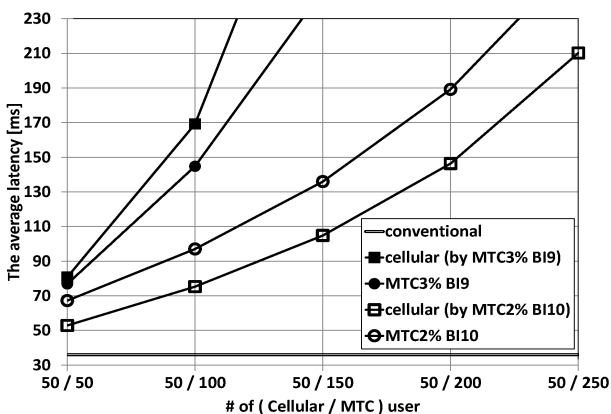


그림 6. conventional 기반 평균 지연 비교 그래프
Fig. 6. A comparison between the average latency results based on the conventional case.

할당받을 때, 평균 지연 결과가 conventional 값보다 대략 40ms 이상으로 급속도로 증가한다. 그런데 MTC의 액세스 시도 확률 2%, 충돌 시 할당되는 BI 10으로 셀룰러와 다르게 제어해줌으로써 완화된 결과를 가져왔다. 셀룰러의 경우 조건들을 MTC와 다르게 제어하기 전보다 대략 20ms 이상 완화되었다. 또한 MTC의 경우 대략 5ms 이상으로 완화된 결과를 가져온다. PRACH 할당 시 액세스 시도 확률과 BI는 셀룰러 사용자의 결과에 영향을 미친다.

그림 7은 액세스 시도 확률 및 BI 할당뿐만 아니라 MTC 그룹화까지 제안한 시뮬레이션에 대한 평균 지연 비교 그래프이다. 이전에 그림 6에서 실험한 제어 방식에서 MTC 그룹화까지 제안했을 때 따른 셀룰러 사용자들의 평균 지연 결과를 살펴본다. 즉, 그림 7의 (not GM) 결과는 그림 6에서 얻은 결과로서 MTC 그룹화를 하지 않은 결과와 동일한 의미를 가진다. 그 결과를 가지고 사용자 특성별 제어 방식에서 그룹화 전후에 따른 평균 지연 결과를 비교한다. MTC를 10 단위로 그룹화했을 때 셀룰러의 지연은 대략 25ms 이상, MTC의 지연은 대략 10ms 이상 더 좋아졌다. MTC를 25 단위로 그룹화했을 때 랜덤 액세스를 시도하는 MTC가 이전보다 훨씬 감소하여 셀룰러의 지연이 점점 더 큰 차이로 좋아진다. 셀룰러 50명과 MTC 250명일 때 셀룰러의 지연 결과가 그룹화하기 전보다 매우 큰 폭으로 완화를 관측할 수 있다. 그에 비해 MTC는 대략 10ms 정도 완화된 결과를 가져온다.

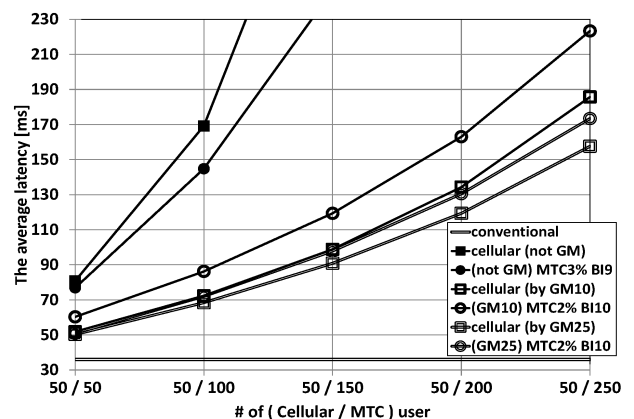


그림 7. conventional 기반 평균 지연 비교 그래프 (GM : Group Member)
Fig. 7. A comparison between the average latency results based on the conventional case (GM : Group Member).

V. 결 론

본 논문에서 3GPP LTE-A 시스템을 기반으로 한 M2M 통신에서의 주요한 문제점에 대해 살펴보았으며, 그것들을 해결하기 위한 메커니즘을 소개했다. 특히, 랜덤 액세스 과부하 제어에 대해 언급하였다. 고밀도, 기계중심통신, 비주기적이고, 낮은 트래픽 양의 특성을 지닌 M2M 장비들이 급격히 증가하면서 PRACH에 심각한 과부하를 가져온다. 그에 대한 해결책으로 최적화된 과부하 제어 메커니즘을 제안하였다. 우선 M2M을 그룹화함으로써 상대적으로 액세스 시도하는 단말 수가 감소하게 된다. 또한 액세스 제어 방식을 제안함으로써, 사용자별 특성을 고려하여 허용가능한 액세스 확률을 서로 다르게 구성한다. 그리하여, 가정된 조건을 기반으로 제안된 기술들을 적용한 결과, 셀룰러 사용자와 M2M 장비들의 3GPP LTE-A 기반 PRACH 과부하가 완화되는 지연 결과를 얻을 수 있었다.

REFERENCES

- [1] V. Galetić, I. Bojić, M. Kušek, G. Ježić, S. Dešić, and D. Huljenić, "Basic principles of Machine-to-Machine communication and its impact on telecommunications industry," MIPRO, 2011 Proceedings of the 34th International Convention, pp.380-385, 23-27 May 2011.
- [2] M. Chen, J. Wan, S. Gonzalez, X. Liao, and V.C.M. Leung, "A Survey of Recent Developments in Home M2M Networks," Communications Surveys & Tutorials, IEEE, vol.16, no.1, pp.98-114, First Quarter 2014.
- [3] A.G. Gotsis, A.S. Lioumpas, A. Alexiou, "M2M Scheduling over LTE: Challenges and New Perspectives," Vehicular Technology Magazine, IEEE, vol.7, no.3, pp.34-39, Sept. 2012.
- [4] M. Gerasimenko, V. Petrov, O. Galinina, S. Andreev, and Y. Koucheryavy, "Energy and delay analysis of LTE-Advanced RACH performance under MTC overload," Globecom Workshops (GC Wkshps), 2012 IEEE, pp.1632-1637, 3-7 Dec. 2012.
- [5] Tsai, Ang-Hsun, et al. "Overload control for machine type communications with femtocells." Vehicular Technology Conference (VTC Fall), 2012 IEEE. IEEE, 2012.
- [6] C.-H. Wei, R.-G. Cheng, and S.-L. Tsao, "Performance Analysis of Group Paging for Machine-Type Communications in LTE Networks," Vehicular Technology, IEEE Transactions on, vol.62, no.7, pp.3371-3382, Sept. 2013.
- [7] R. Harwahu, R.-G. Cheng, and R.F. Sari, "Consecutive group paging for LTE networks supporting machine-type communications services," Personal Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), 2013 IEEE 24th International Symposium on, pp.1619-1623, 8-11 Sept. 2013.
- [8] A. Laya, L. Alonso, and J. Alonso-Zarate, "Is the Random Access Channel of LTE and LTE-A Suitable for M2M Communications? A Survey of Alternatives," Communications Surveys & Tutorials, IEEE, vol.16, no.1, pp.4-16, First Quarter 2014.
- [9] 3GPP TS 36.321, Medium Access Control (MAC) protocol specification.
- [10] T.-S. Kwon, J.-W. Choi, "Multi-Group Random Access Resource Allocation for M2M Devices in Multicell Systems," Communications Letters, IEEE, vol.16, no.6, pp.834-837, June 2012.
- [11] 3GPP TS 36.211, Physical channels and modulation.
- [12] 3GPP TR 37.868, Study on RAN Improvements for MTC.
- [13] L.-C. Wang, A. Chen, "Optimal Radio Resource Partition for Joint Contention- and Connection-Oriented Multichannel Access in OFDMA Systems," Mobile Computing, IEEE Transactions on, vol.8, no.2, pp.162-172, Feb. 2009.
- [14] 3GPP TS 36.213, Physical layer procedures.

저 자 소 개



김 정 현(학생회원)
2011년 명지대학교 정보통신
공학과 학사 졸업
2013년 명지대학교 정보통신
공학과 석사 졸업
2013년~현재 명지대학교 정보
통신공학과 박사 과정
<주관심분야 : MIMO, 협력통신, 다이버시티>



지 순 배(학생회원)
2009년 명지대학교 통신공학과
학사 졸업
2011년 명지대학교 통신공학과
석사 졸업
2011년~현재 명지대학교 정보
통신공학과 박사 과정
<주관심분야 : 이동통신, 3GPP LTE, Ad-hoc>



유 철 우(정회원)
1993년 연세대학교 전자공학과
학사 졸업
1995년 연세대학교 전자공학과
석사 졸업
1999년 연세대학교 전자공학과
박사 졸업

1999년~2003년 LG전자 책임 연구원.
2003년~2004년 EoNex 책임 연구원.
2004년~2006년 삼성전자 책임 연구원.
2006년~명지대학교 정보통신공학과 교수.
<주관심분야 : 5G mobile communications
system, IoT, M2M, new multiple access
schemes, multiple antenna transmission,
advanced FEC>